APLICAÇÃO DA ESTRATIGRAFIA E DA ANÁLISE DE ESTRUTURAS DE DETALHE À INTERPRETAÇÃO DE EVENTOS DEPOSICIONAIS

Gisele CAMARGO[1]
Mauricio CAMARGO FILHO[2]

RESUMO

Estudos de depósitos coluviais e aluviais de baixa encosta têm sido desenvolvidos no sul do Segundo Planalto do Paraná com vistas à identificação de eventos deposicionais. Na base da encosta junto às margens do Arroio da Colher, município de Lapa (PR), duas seções estratigráficas foram levantadas – a seção Colher e a seção Formigueiro. Nelas foram individualizadas unidades estratigráficas e pedoestratigráficas e estruturas de corte e preenchimento. A seção maior, denominada seção Colher, tem 14,20 metros de extensão e apresenta dois ambientes distintos: ambiente de encosta que forma depósitos colúvio-aluviais formados em de borda de depressão. O outro ambiente é representado por canal entulhado que forma depósito aluvial exposto em corte transversal. A seção menor, denominada Formigueiro tem 5,8 metros de extensão e localiza-se do outro lado da estrada, diagonalmente à seção Colher. A seção Formigueiro apresenta material sedimentar depositado em ambiente de encosta e dois canais de antiga voçoroca. A geometria dos depósitos presentes na seção Colher e na seção Formigueiro colocaram em evidência que este setor constituía as bordas de antiga depressão inundada de base de encosta, semelhante àquelas ocorrentes no presente no município da Lapa em cabeceiras de vales não canalizados. Os sedimentos que recobrem esse setor da encosta revelam alternância de processos relacionados às condições hidráulicas distintas – uma associada com deposição em condições de estabilidade, com fluxo carreando sedimentos finos, predominantemente arenosos ou siltosos, e outra relacionada com condições de fluxos mais vigorosos que carrearam sedimentos grossos de tamanho predominante grânulo e seixo. Estes últimos se apresentam na forma de lentes, ora mais espessas ora mais delgadas e extensas. O arranjo interno dos constituintes granulométricos nas lentes constituídas por material grosso revela que no caso de fábrica clasto-suportado indica deposição em ambiente onde a corrente é suficientemente forte para carrear areia, grânulos e seixos. Eles indicam ambiente de alta energia. No caso de fábrica matriz-suportado, que em geral são mal selecionados, é encontrada em uma série de ambientes com alta energia ou fluxo de alta viscosidade. O tamanho das partículas, incluindo seixo e areia, depende da natureza da área fonte, da distância de transporte e da competência da corrente. No presente caso as curtas distâncias que os sedimentos percorrem favorecem esse arranjo de constituintes granulométricos. Dois níveis organo-terrígenos bem desenvolvidos são registrados, um datado de 22.050 anos AP e outro correlacionado com outro nível organo-terrígeno de mais de 41.490 anos AP. Eles corroboram a proposta de fases alternadas de instabilidade e estabilidade ambiental. Na seção Colher, fendas de dessecação nos paleossolos e posterior preenchimento e capeamento destas por areia dão indícios de mudança ambiental brusca para o árido. Deformações em grande escala ocorreram na fase final de deposição das camadas da última unidade colúvio-aluvial. A deformação por sobrecarga estaria relacionada com nova fase de redução de água acumulada nos sedimentos da encosta ou à sobrecarga do peso dos sedimentos no canal. A posição do canal na encosta, sua direção e sua relação com o rio levam a propor condições muito especificas para a incisão se instalar naquele setor da encosta. Ela estaria relacionada a antigo duto que cortou os sedimentos, teve sua dimensão aumentada, e subsequentemente deu-se o abatimento do teto e

[1] UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Professor a Assistente, gicamargo@unicentro.br
[2] UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Professor Assistente, mauricio@unicentro. br

sedimentos localizados acima. Os principais resultados obtidos apontam para a alternância no regime hidrológico da encosta, relacionados com eventos de maior e menor magnitude que condicionam a intensidade dos fluxos na encosta.

1 - INTRODUÇÃO

Os sedimentos de encosta raramente são preservados como registro geológico, porque estão sujeitos à erosão por processos variados e, principalmente, à bioturbação e a processos deposicionais e pedológicos que podem destruir os finos depósitos coluviais, incorporando-os ao solo (SELBY, 1994). As curtas distâncias entre os pontos de erosão e sedimentação promovem mistura de partículas de vários tamanhos, sendo os clastos pouco arredondados, mal selecionados e pouco estratificados. Por outro lado, processos de voçorocamento e formação de leques aluviais fazem com que as características dos materiais evoluam progressivamente de colúvio para alúvio na medida em que a profundidade e a regularidade do fluxo aumentam e na medida em que aumenta a distância da área fonte (DIETRICH e DUNNE, 1993; SELBY, 1994). Depósitos aluviais podem ocorrer em baixa encosta ou preenchendo antigos canais. A estratificação é a característica mais importante (WASSON, et al., 1998). Esses podem apresentar intercalações com níveis orgânicos (SELBY, 1994).

Estudos de depósitos de baixa encosta têm sido desenvolvidos no sul do Segundo Planalto do Paraná com vistas à identificação de eventos deposicionais responsaveis pela formação desses depósitos. Em setor de baixa encosta junto às margens do Arroio da Colher, município de Lapa (PR), foram levantadas duas seções estratigráficas– a seção Colher e a seção Formigueiro. Nelas foram reconhecidas unidades estratigráficas e pedoestratigráficas e estruturas de corte e preenchimento. Na Seção Colher (Figura 1) dois ambientes distintos foram identificados: o ambiente de encosta que forma depósitos colúvio-aluviais em borda de depressão e outro representado por canal entulhado que forma depósito aluvial exposto em corte transversal. A seção menor, denominada Formigueiro (Figura 2) localiza-se do outro lado da estrada. Esta seção apresenta material sedimentar depositado em ambiente de encosta e dois canais de antiga voçoroca.

A área de estudo está localizada no O sul do Segundo Planalto paranaense (Figura 3) é representado basicamente por sedimentos paleozóicos Permo-carboníferos pertencentes ao Grupo Itararé do Super-Grupo Tubarão e esparsos sedimentos quaternários que se concentram nos vales dos rios (BIGARELLA et alli, 1966; SCHNEIDER et alli, 1974; PETRI e FÚLFARO, 1983). SCHNEIDER et alli (1974) na revisão estratigráfica da bacia do Paraná dividiram o Grupo Itararé em Santa Catarina e Sul do Paraná, nas Formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul. A drenagem neste setor do Segundo Planalto é representada pelo sistema hidrográfico do rio Iguaçu, que transpõe os planaltos limítrofes em grandes boqueirões (*canyons*) epigenéticos. MAACK, (1981) interpreta isso como evidência de que os sistemas fluviais são mais antigos que a atual paisagem de degraus estruturais, sendo esta apenas modelada pela erosão. No Segundo Planalto, principalmente isto é bem característico onde os rios demonstram um aprofundamento de seus talvegues e vales em razão da ascensão epirogenética do mesozóico (MAACK, 1981). A morfologia do terreno é marcada por interflúvios muito amplos com vertentes convexas, que se desdobram em patamares e degraus estruturais sustentados, principalmente pelos arenitos do Grupo Itararé (PALKA, 1966), essa homogeneidade na configuração da paisagem é rompida por mesetas estruturais conservadas nos arenitos mais resistentes à erosão. A morfologia do terreno exibe sistemas paralelos de diques pós-triássico de rochas intrusivas básicas, com orientação NW-SE, que ocorrem associadas aos fraturamentos e falhamentos relacionados aos fenômenos de distensão ocorridos no Jurássico-Cretáceo e gerados a partir de movimentos epirogenéticos decorrentes do grande dobramento de fundo, relacionado ao arqueamento de Ponta Grossa (COLANERI et alli, 1977; PETRI e FÚLFARO, 1983). Outro sistema de falhas da região, com orientação NNE (N28º E), NW (N45º W) e N-S, provavelmente resultante da reativação de lineamentos estruturais pré-existentes, marcam

os sedimentos devonianos e permocarboníferos, com rejeitos de 80 a 180 metros (AGUIAR NETO et alli, 1977).

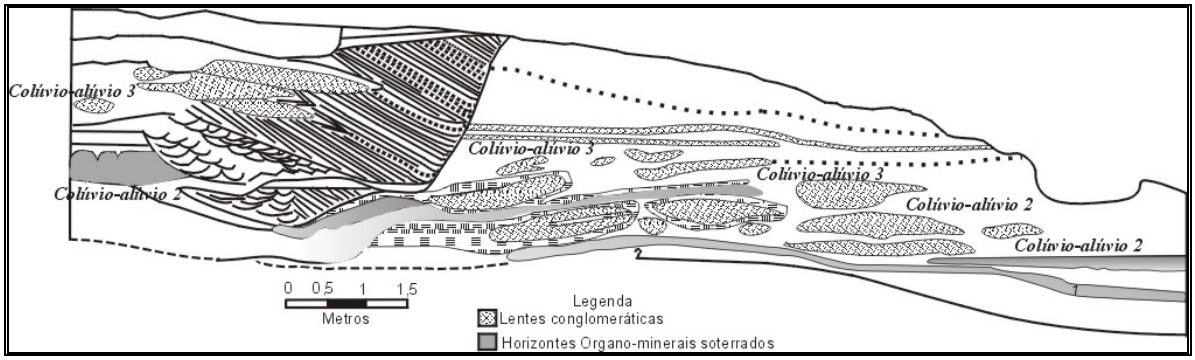

Figura 1 – Seção colher, destacando o paleocanal e as unidades colúvio-aluviais 2 e 3.

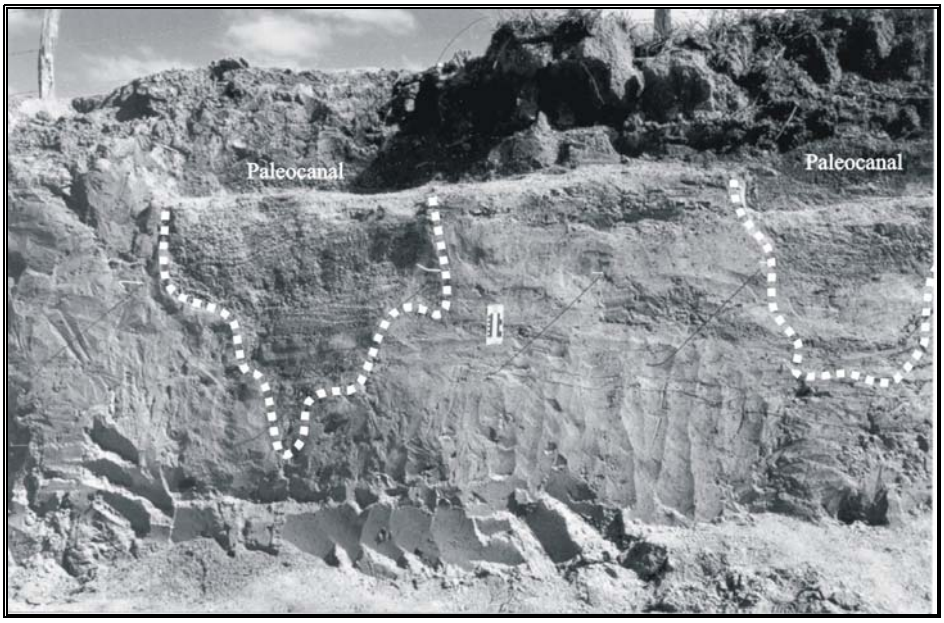

Figura 2 – Fotografia da seção Formigueiro destacando os paleocanais. Foto, Maurício Camargo Filho, 07/2003.

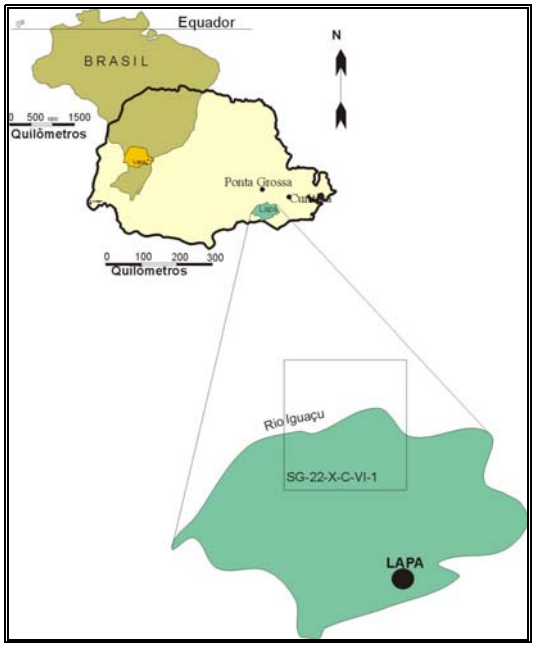

Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo.

As estruturas sedimentares inseridas nos depósitos colúvio-aluviais em baixa encosta estão descritas a seguir e analisados a partir de duas seções estratigráficas: Seção Colher e Seção Formigueiro. Essas estruturas estão presentes nas unidades sedimentares denominadas nesse trabalho de Areia-argilosa Cinzenta, Colúvio-alúvio 1 e Colúvio-alúvio 2 Colúvio-alúvio 3. Nos depósitos colúvio-aluviais de baixa encosta foram reconhecidas, de acordo com a classificação de Selley (1988), estruturas de origem erosiva, deposicional e deformacionais. As estruturas deposicionais referem-se à estratificação plano-paralela e gradacional e estrutura maciça. As estruturas deformacionais dizem respeito às estruturas de deformação plástica que marcam depósitos de encosta e as feições de erosivas constituem três estruturas de corte e preenchimento (*cut and fill* ou *scour and fill*) que ocorrem nas duas seções estratigráficas. Preenchendo esses canais aparecem depósitos caracterizados por estruturas sedimentares que serão descritas separadamente por se encontrarem em ambiente distinto daquele de encosta.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Para descrição macroscópica de estruturas sedimentares em campo foram adotados os procedimentos propostos por Conybeare e Crook (1982) que consideram: 1) a estrutura como uma unidade; 2) as feições internas da estrutura; 3) a estrutura em relação ao material circundante e; 4) a estrutura em sua relação com as estruturas associadas. A Tabela 1 apresenta os aspectos a serem considerados na descrição de estruturas sedimentares.

Tabela 1 - Esquema para descrição de estruturas sedimentares (modificado de Conybeare e Crook ,1982).

A) Estrutura considerada como uma unidade.
- Natureza (ex. feições do grão; relação entre os grãos, relação entre grupos de grãos); forma; dimensão; natureza da superfície (incluindo detalhes de escultura e expressão sobre a superfície de intemperismo); simetria; textura; cor; mineralogia;
B) Feições internas da estrutura.
- Natureza (laminações, agregados, etc.); forma; dimensões; simetria; textura (incluindo homogeneidade textural); cor (incluindo homogeneidade de cor); mineralogia (incluindo homogeneidade mineralógica); orientação relativa entre elas, e entre o conjunto da estrutura; relações de contato entre si e com superfícies limitantes da estrutura; grau de definição; grau de continuidade; homogeneidade morfológica entre todo o conjunto da estrutura, densidade de ocorrência.
C) A estrutura em relação as suas adjacências imediatas.
- Grau de definição (de cor, textura, mineralógica); orientação com respeito ao acamamento principal (assumindo a superfície original de deposição); orientação no espaço; posição em relação à unidade sedimentar que a contém; proporção ocupada pela estrutura em relação à estrutura sedimentar.
D) A estrutura em relação às estruturas associadas.
- Natureza da associação (cosseqüências, seqüências compostas); densidade de ocorrência; natureza de contato com estruturas associadas; orientação.

Acrescentam-se no trabalho de descrição o registro fotográfico e a coleta de materiais para análises posteriores.

Para descrição dos materiais em campo foram adotados os procedimentos referidos por Vieira e Vieira (1983) na caracterização das propriedades físicas dos solos e sedimentos, como: cor, textura, cerosidade, consistência, porosidade, presença de nódulos ou concreções e presença de raízes ou cavidades de raízes.

Teores de matéria orgânica dos horizontes organo-minerais soterrados foram determinados pelo método da queima (método 2.2 da EMBRAPA, 1979). Neste método, 1 grama do material (terra fina) é depositado em cadinho de porcelana (previamente pesado) e levado a mufla, cuja temperatura é progressivamente elevada até 640°C. O processo tem duração de quatro horas. Sob estas condições a matéria orgânica é completamente consumida. É rotina e prática usual em laboratório, esfriar o cadinho com seu conteúdo em dessecadores hermeticamente fechados e carregados com agentes dessecantes apropriados. Como o cadinho foi submetido a forte aquecimento, aguarda-se que ele esfrie ao ar abaixo do rubro, antes de transferi-lo para o dessecador. Deixa-se a tampa do dessecador levemente entreaberta por alguns instantes, para que o ar do interior do aparelho, aquecido em contato com o cadinho quente, possa se expandir para fora do equipamento. Na seqüência, fecha-se o equipamento e deixa-se esfriar a temperatura ambiente; finalmente pesa-se o conjunto. A diferença entre o peso inicial da amostra (cadinho mais material a ser queimado) é subtraído do peso pós-queima. A diferença representa a quantidade de matéria orgânica existente na amostra, a qual é dada em % ou em g.M.O./dm^3.

A digitalização das seções sistemáticas e perfis de verticais de detalhe foram efetuadas com o software AutoCAD Map 2000. As fotografias, não digitais, foram digitalizadas via scanner de mesa e tratadas em software CorelDRAW 9.

RESULTADOS

As estruturas sedimentares inseridas nos depósitos colúvio-aluviais de baixa encosta descritas seguir estão sintetizadas também na Tabela 2. As estruturas estão presentes nas unidades sedimentares Areia-argilosa Cinzenta, Colúvio-alúvio 1 e Colúvio-alúvio 3 Colúvio-alúvio2 da Seção Colher. Cada unidade sedimentar apresenta estruturas sedimentares características. Os materiais que constituem a Areia-argilosa Cinzenta e o Colúvio-alúvio 2 são representados predominantemente por sedimentos areno-argilosos que apresentam lâminas ou camadas isoladas de sedimentos grossos. Nas demais unidades sedimentares a variedade e quantidade de estruturas são significativamente maiores. As estruturas descritas são visíveis macroscopicamente em campo e em amostra de mão através de impregnação por resina. Portanto na seqüência serão apresentadas as estruturas sedimentares presentes em depósitos de baixa encosta da Seção Colher.

3.1 - Estratificação plano-paralela

A mais simples das estruturas intra-estratais físicas é a estratificação plano-paralela (SUGUIO, 1973). Trata-se de seqüência de camadas superpostas paralelas ao plano de estratificação (NOWATZKI et al., 1984). Seus estratos são uniformes e lateralmente contínuos. Este tipo de estratificação pode ser encontrado em ambiente continental em canais fluviais de leito plano (SUGUIO, 1980). A laminação plana é representada por leitos que apresentam espessura corresponde ao diâmetro de alguns grãos. A laminação pode ser determinada pela alternância de níveis com granulação ou conteúdo diferencial de minerais específicos, ou ambos. Este tipo de estrutura pode ser encontrado em leito plano com regime de fluxo superior ou inferior a velocidade crítica de formação de marcas onduladas, ou pode ser gerado por suspensão, podendo mostrar inclusive gradação dentro das lâminas (SUGUIO, 1980).

Estratos plano-paralelos estão presentes nos sedimentos das unidades: Cinza areno-argiloso, Colúvio-alúvio 1, Colúvio-alúvio 2 e Colúvio-alúvio 3 .As lentes de grânulos e seixos que constituem o material sedimentar das unidades alúvio-coluvionares apresentam-se em seqüências de estratos paralelos entre si. Na base da seção Colher, na unidade sedimentar Areia-argilosa Cinzenta, que é formada predominantemente por sedimentos de textura fina ocorrem lâminas ou finas camadas, com espessura que varia de 1 a 4 cm, constituídas por material grosso de granulação grânulos e seixos; a. Eventualmente podem ocorrer camadas mais espessas com 10 a 18 cm. Em ambos os casos os estratos são formados por material grosso de textura granular e excepcionalmente alguns seixos de 4 a 7 mm de tamanho. São

camadas com contato inferior e superior abrupto. Predomina organização matriz-suportado arranjada de forma maciça ou com gradação normal incipiente. Não apresenta imbricação.

Nas lentes que constituem o Colúvio-alúvio 1, toda estrutura interna apresenta estratificação plano-paralela. Trata-se de seqüência de estratos ou lâminas em que se alternam sedimentos grossos (grânulos e seixos principalmente) e sedimentos finos (de argila a areia grossa). As camadas de grossos têm espessura que varia de 4 a 8 cm, enquanto as camadas ou lâminas de finos têm espessura de 1 a 2 cm. O contato entre as camadas é abrupto. Quando predominam sedimentos arenosos, as areias são bem selecionadas e bem lavadas. No Colúvio-alúvio 3, nos sedimentos grossos, as lentes e camadas intermediárias apresentam nítida estratificação plano-paralela. Alternam-se laminas argilosas com espessura de 0,8 a 1cm e estratos granulosos. O contato entre cada estrato é abrupto. O padrão é predominantemente clasto-suportado, embora ocorram poucos estratos com padrão matriz-suportado. Neste caso há arranjo caótico dos fragmentos, não apresentando gradação ou imbricação. No Colúvio-alúvio 2, na extremidade direita da seção Colher, na porção mais rebaixada e próxima ao rio ocorrem laminações. Essa seqüência de lâminas tem espessura de 12 cm. Os sedimentos são argiloso e argiloso-siltosos intercalados com sedimentos argilosos enriquecidos com matéria orgânica, o mesmo pode ser reconhecido na mesma unidade em direção à media encosta.

Tabela 2 - Estruturas sedimentares em depósitos de baixa encosta.

Estrutura sedimentar primaria	Unidade sedimentar	Espessura da seqüência	Textura lâmina / estrato	Forma de ocorrência	Organização	Freqüência	Característica principal
Estrutura plano paralela	Colúvio-alúvio 1	4 cm	Grânulos e areia	lente	Clasto-suportado	X	Lâminas arenosas são de areia grossa bem lavada
	Colúvio-alúvio 2	28 cm	Arenosa + argilosa	lente	Clasto-suportado	X	
	Colúvio-alúvio 3	10 cm	2 camadas com grânulos e seixos	lente	Matriz-suportado	XXX	Com imbricação na camada superior X
	Colúvio-alúvio 3	38 cm	grânulos+ arenosa + argilosa	lente	Clasto-suportado	XXX	
	Colúvio-alúvio 3	30 cm	grânulos+ arenosa + argilosa	lente	Clasto-suportado	XXX	Ultima camada de grosso apresenta gradação normal
maciça	Areia – argilosa cinzenta					XXX	
	Areia-argilosa cinzenta	Até 3 cm	Grânulos e seixos	Lentes embutidas	Matriz-suportado	XXX	
	Colúvio-alúvio 1	Até 5 cm	Areia grossa bem arredondada	Lentes na base da unidade	Clasto-suportado	X	XX
	Colúvio-alúvio 3	5 a 10 cm	Areia grossa + grânulos		Matriz-suportado	XXXX	Grande proporção de matriz areno-siltosa
Estrutura gradacional normal	Areia cinzenta da base	10 cm	Seixos, grânulos e areia grossa	lentes	Matriz-suportado	xxx	
	Colúvio-alúvio 1		Grânulos e areia grossa		Clasto-suportado	xxx	
Estrutura gradacional inversa	Colúvio-alúvio 1		Areia grossa e grânulos		Clasto-suportado	x	Pouco perceptível
	Colúvio-alúvio 3		Areia grossa e grânulo		Clasto-suportado	xx	
Estruturas deformadas	Colúvio-alúvio 2		Lâminas com intercalação de matéria orgânica	laminações		XXXX	Deformações por expulsão de água
	Horizonte	7 cm	Areno-	laminações		XXXX	São lâminas

	Organo-mineral 2		argilosa				dobradas
	Colúvio-alúvio 2		Contato de sedimentos finos lâminas arenosas	Superfície de contato		XX	Falhamento com rejeito de 1 cm
Perturbações	Colúvio-alúvio 2		Areno-argilosa	Fendas de dessecação		XXXX	Fendas de dessecação preenchidas por areia fina e média bem lavada
Perturbações de meso-escala	Colúvio-alúvio 2		Areno-argilosa	Fenda de dessecação de 30 cm		X	Fenda de dessecação preenchidas por areia fina e média bem lavada
Deformações de macro-escla	Colúvio-alúvio 1, 2, 3	Até 1,80m		Lentes conglomeráticas e camadas de sedimentos areno-argilosos		XXXX	Dobramentos

3.2 - Estratificação maciça

Nos sedimentos da unidade Areia-argilosa Cinzenta da base do perfil, percebe-se apenas concentrações ou aglomerado de clastos cujo tamanho varia de 3 a 12mm, com organização errática dos elementos. No Colúvio-alúvio 1 a estratificação maciça está presente nas lentes de material grosso, compostas por fragmentos de rocha da base da unidade. Os clastos são constituídos por areia grossa de 1 e 2mm, bem arredondados e sem arestas. O arranjo do material é clasto-suportado. No Colúvio-alúvio 2 os sedimentos finos não exibem estratificação. Nele ocorrem pouquíssimos clastos emersos em pacote sedimentar de granulação fina. No Colúvio-alúvio 3, as lentes constituídas por sedimentos grossos apresentam variações verticais de arranjo dos constituintes e proporção de sedimentos finos em relação aos grossos. Próximo à base o padrão é de organização caótica dos sedimentos. Os clastos são de dimensões que variam de 0,2 a 1,5cm, com arranjo matriz suportado. No topo da unidade, nas lentes mais extensas ocorre estratificação maciça, com arranjo clasto-suportado. Os fragmentos são de 1 a 3mm de tamanho. No pacote de sedimentos finos que constitui o Colúvio-alúvio 3 a estrutura é maciça e domina esta porção da unidade. Há, contudo, variação vertical no arranjo dos constituintes, na base os sedimentos são mais argilosos sem clastos misturados Imediatamente acima a granulometria é fina, porém já aparecem clastos dispersos ou aglomerados deles no pacote sedimentar. Não há padrão e os clastos possuem tamanho entre 1 e 4 mm. Acima deste nível a textura é síltico-argilosa ou areno-siltosa. Os clastos aparecem concentrados ou em aglomerados. No topo da unidade os clastos aparecem dispersos na matriz fina. Na estratificação maciça os estratos apresentam pouca ou nenhuma laminação interna visível (BOGGS JUNIOR, 1992). A estratificação maciça se explica presumivelmente pela ausência de material transportado por tração, ou por algum tipo fluxo de gravidade, ou por deposição muito rápida de material de suspensão (BOGGS JUNIOR, 1992).

3.3 - Estratificação gradacional

Em Sedimentologia a estrutura interna das camadas é uma das propriedades mais importantes, existindo dois tipos principais de estrutura interna: a estratificação cruzada e a gradacional, as quais são mutuamente excludentes. A estratificação gradacional (*graded bedding*) constitui estrutura comum em certos tipos de sedimentos. Nestes estratos as unidades sedimentares são caracterizadas por gradação no tamanho do grão, de grosso a fino, da base ao topo da unidade (PETTIJOHN, 1963; CONYBEARE e CROOK, 1982). Pettijohn (1963) reconheceu que são possíveis dois tipos de estrutura gradacional: gradação de distribuição e gradação de cauda grossa. No primeiro tipo, há diminuição do tamanho da granulação da base para o topo. Ela é resultado de acréscimos sucessivos de materiais cada vez mais finos. Neste caso, não há grãos finos na base da camada. O autor defende que este tipo de gradação seja resultado de uma corrente de fluxo decrescente normal, com

redução da competência ao longo do tempo, o que produziria a decantação de partículas mais grosseiras em primeiro lugar, seguida por grãos cada vez mais finos. No caso da gradação de cauda grossa, o acréscimo sucessivo de materiais se assemelha ao anterior, contudo, ocorre uma redução da freqüência dos grãos maiores da parte inferior da camada para o topo; neste caso os finos estão distribuídos em todo o sedimento. Esse segundo tipo é produto de sedimentação em suspensão, na qual estão presentes todos os tamanhos de partículas. Ele é mais comum na natureza (PETTIJOHN, 1963), embora sejam possíveis todas as transições entre ambos (SUGUIO, 1980). Conybeare e Crook (1982) explicam que as estruturas gradacionais ocorrem geralmente em seqüências de diversas unidades, com contatos abruptos indicando lavagem na base de cada unidade. Boggs Junior (1992) cita a gradação inversa, ou seja, quando as partículas mais finas situam-se na base e as mais grossas no topo. Embora seja menos comum que a gradação normal, ela pode ocorrer em depósitos de sedimentos por fluxo de gravidade. Gradações de ambiente de águas rasas geralmente compõem unidades delgadas de poucos mm a 1 ou 2 cm e raramente fazem seqüências de mais de 10 a 20cm. Estratificação gradacional é ocasionalmente interrompida por outro tipo de camada como areias interlaminadas (REINECK e SINGH,19890).

Na unidade Areia-argilosa cinzenta da base da seção uma lente de clastos com granulação variando de 0,8 a 1cm, na base, a 1 e 2mm, no topo, apresenta gradação normal em padrão matriz-suportado. O contato com as camadas sobrejacente e subjacente é abrupto e a espessura desta camada é 10cm. No Colúvio-alúvio 1 a estrutura gradacional normal está presente nas lentes com clastos de areia grossa e grânulos, a estrutura e pouco visível. Nas lentes com fragmentos menores, com tamanho de 0,5 a 2mm de diâmetro a gradação é inversa, embora seja pouco perceptível. A organização dos constituintes é clasto-suportado. No Colúvio-alúvio 3 a gradação normal está presente na penúltima lente da unidade. São clastos de 3 mm tamanho na base que diminuem para menos de 1mm no topo.

3.4 - Estruturas deformadas

Estruturas deformadas penecontemporâneas representam as camadas sedimentares deformadas, contorcidas ou perturbadas por agentes inorgânicos que se formaram durante ou imediatamente após a deposição dos materiais, porém, antes da consolidação dos sedimentos. Em geral, estas deformações são feições de caráter local, estando primariamente confinadas a uma única camada (CONYBEARE e CROOK, 1982). De acordo com Reineck e Singh (1980) os tipos de deformações nas estruturas variam de camadas ligeiramente deformadas a camadas intrincadamente enrugadas. O tipo de sedimento controla ou define a natureza da estrutura de deformação, ou seja, os sedimentos mais coesos se deformam exibindo planos de fraturamento com pouca ou nenhuma torção de camadas. Estruturas reológicas são estruturas que resultam da deformação de sedimentos coesos ou variações reológicas graças às forças diferentes daquelas influenciadas diretamente por correntes e organismos (CONYBEARE e CROOK, 1982; NOWATZKI et al., 1984). As classes reológicas são definidas de acordo com o grau de liberdade da partícula no sedimento no período em que a estrutura é produzida. O primeiro estado de sedimentos é o *reológico sólido*. Neste caso os sedimentos são tão resistentes que as deformações ocorrem por fraturamento. O segundo estado é o chamado estado *reológico quase-sólido*, em que a resistência do sedimento não é tão grande, mas a deformação ainda se dá por fratura. No terceiro estado, *reológico hidroplástico,* o sedimento apresenta ainda, pouca coesão, as partículas individuais podem mover-se e o seqüência da massa pode mudar de forma. No quarto estado reológico, em que o sedimento comporta-se *como quase-líquido*, há coesão muito fraca entre as partículas, que apresentam liberdade considerável de movimento dentro do sedimento que esta sendo deformado. As partículas passam a ocupar novas posições dentro do corpo sedimentar. Por fim, o quinto estado, *reológico líquido*, há uma completa perda de coesão, as partículas individuais são livres e hábeis para mover-se dentro e fora do corpo de sedimento. Neste caso os sedimentos não exibem estrutura deformacional, mas podem exibir uma variedade de estruturas hidrodinâmicas (CONYBEARE e CROOK, 1982).

As estruturas de deformação que ocorrem nos sedimentos de encosta apresentam dimensões que variam de poucos milímetros a dois ou três metros. Inicialmente serão apresentadas estruturas menores restritas a unidades sedimentares. No Colúvio-alúvio 2, na extremidade direita da seção, nos sedimentos argilo-siltosos com laminações arenosas e siltosas e intercalações com matéria orgânica há perturbações das lâminas que sugerem processos de expulsão de água. “São estruturas formadas quando sedimentos hidroplásticos, liquefeitos ou fluidizados são mobilizados ou introduzidos em camadas adjacentes. Pode ser concordantes, quando a intrusão é hidroplástica; tipicamente discordante quando a intrusão fluidizada e, concordante ou discordante quando a intrusão é liquefeita” (NOWATZKI, et al. 1984). Localmente essa deformação pode ter sido gerada por sobrecarga sobre aqueles sedimentos.

Ainda no Colúvio-alúvio 2, na base onde se dá o contato entre os sedimentos argilosos com lentes de sedimentos grossos ocorre falhamento com rejeito de 1cm. Entre as perturbações de meso-escala tem-se as fendas de dessecação. Elas estão incluídas na categoria de estrutura sedimentar pós-deposicional, são causadas por contração de argilas expansivas e formam fissuras em forma de cone arranjadas em padrão poligonal, e subsequentemente preenchidas por areia (SELLEY,1988). O Horizonte organo-mineral 2, embutido no Colúvio-alúvio 2 apresenta fendas de dessecação bem visíveis. São fendas com 30cm de profundidade que foram preenchidas por areia fina e média, muito bem selecionada e bem lavada. Além de preencher fendas as areias formaram uma camada de 18 cm de espessura acima do paleossolo. Mais abaixo na encosta, ainda no Horizonte organo-mineral 2, as areias perturbaram esse horizonte, gerando lâminas recurvadas de material arenoso e orgânico. Interpretam-se como perturbações geradas pelo efeito de borda de antiga depressão com drenagem impedida, nessa interface a água represada perturba continuamente os sedimentos ou matéria orgânica acumulada. Fendas de dessecação também ocorrem no Horizonte Organo-mineral 1, desenvolvido na unidade Areia-argilosa Cinzenta, neste caso areia muito fina e muito bem selecionada penetra em fendas de até 5 cm de comprimento e de 3 a 4mm de largura.

As lentes de material grosseiros do Colúvio-alúvio 1, 2 e 3 apresentam deformações de meso-escala nos estratos internos. Entende-se que a atual conformação das lentes e os dobramentos presentes nos estratos indicam movimento generalizado dos sedimentos da encosta em direção à baixa encosta. Segundo Clement e Péres-Arlucea (1993), dobramento por deslizamento é caracterizado por espessamento das dobras nas cristas e adelgaçamento nos flancos. Por isso têm-se as lentes com configuração disformes à direita da seção.

Com relação às deformações em grande escala, foi reconhecido que a deformação de maior magnitude envolveu todo pacote sedimentar situado abaixo das últimas lentes de sedimentos grossos do Colúvio-alúvio 3. Lateralmente estão envolvidos os sedimentos que margeiam o canal por 3,5m à direita e 1,60 à esquerda. Verticalmente os sedimentos situados até 2m acima da rocha apresentam deformações. As lentes de sedimentos grossos do Colúvio-alúvio 1 e Colúvio-alúvio 2 e Colúvio-alúvio 3 mergulham de 15° a 20° em direção ao canal. Elas apresentam distorções em suas formas revelando perturbações provavelmente por sobrecarga. As lentes em geral, por toda a seção apresentam conformação que destoa do próprio conceito de lente como corpo litológico. Um provável escorregamento de pequena magnitude de conjunto de solo e sedimentos dessa parte da encosta poderia ter gerado essas deformações.

Segundo Collinson e Thompson (1984) e Selby (1994) os dobramentos são reconhecidos como estruturas sindeposicionais que ocorrem quando sedimentos inconsolidados repousam na encosta e tornar-se instáveis, possivelmente devido a elevada poro-pressão em uma camada particular de sedimentos. Unidades de sedimentos dobrados atribuídos a deslizamento geralmente ocorrem em seqüências interestratificada contendo uma substancial proporção de sedimentos finos. Geralmente as dobras são circundadas por sedimentos não perturbados (COLLINSON e THOMPSON, 1984).

No caso da seção Colher, o dobramento afetou as unidades e estratos inferiores. Não se formou sinclinal típico, mas gerou uma inflexão visível nas lentes de material grosseiro situado à direita do paleocanal e nas linhas de oxidação marcadas de acordo com a flutuação do nível de água de saturação dos sedimentos. A inflexão tem mergulho de 14º em média.

Como as lentes estratificadas na extremidade direita da seção não apresentam deformação interna, espessamento ou mergulho evidencia-se que a perturbação de camadas só afetou os sedimentos adjacentes ao do paleocanal. Um provável escape de água intersticial gerado por redução de água no sistema ou por sobrecarga gerada pelos sedimentos que entulharam o canal rompeu o equilíbrio local promovendo a compactação dos sedimentos. Em sedimentos argilosos, o escape de água acarreta em diminuição do volume dos sedimentos. Quando a porosidade é reduzida em mais da metade as partículas entram em contato umas com as outras aparecendo verdadeira coesão entre elas. O processo predominante desta fase é a deformação mecânica (CLEMENT e PÉRES-ARLUCEA, 1993). Em síntese, as deformações sindeposicionais (como dobras convolutas, dobras sinsedimentares, estrutura acanalada deformada) são interpretadas como sendo de origem de escape de água devido à rápida deposição, produzindo alto poro pressão e instabilidade, seguida por migração de água para zona de baixa pressão.

3.5 - Estrutura sedimentares em canais preenchidos

Na seção Formigueiro a estrutura de corte e preenchimento é constituída por uma depressão que forma dois canais aproximadamente contíguos. Na seção Colher, do outro lado da estrada a estrutura de preenchimento de canal indica continuidade jusante daquele paleocanal A distância em linha reta destas duas porções do paleocanal é de 20,40m e a inclinação é de 4°. O material deposicional que entulhou os canais originou estruturas sedimentares típicas de canais temporários. Essas estruturas serão descritas a seguir e sintetizadas na Tabela 3.

3.6. Estratificação plano-paralela

Na base do canal da seção Formigueiro ocorre sucessão de estratos paralelos de textura arenosa e conglomerática, configurando estratificação plano-paralela. São três seqüências de estratos plano-paralelos. Na base do canal material argiloso alterna-se com material arenoso. Os sedimentos são mal selecionados com alguns grânulos inclusos. A seqüência sobrejacente apresenta estratos espessos (de areia grossa e grânulos) e delgados (com areia fina bem selecionada e bem lavada). Acima a seqüência apresenta laminações e estratos mais espessos que na base. E a última seqüência apresenta igualmente camadas mais espessas e clastos de tamanho seixo inclusos nos estratos. No Canal Colher lâminas plano-paralelos formam a primeira estrutura na base do canal, são laminações de textura arenosa e argilosa. Segundo. PICARD e HIGH JR (1973) a estratificação plano paralela é particularmente comum em depósitos de canal e ocorrem em geral nos setores mais baixos do canal, são raros nos setores a montante. Estão relacionados com correntes de baixa velocidade e a despeito disso, condições de regime de fluxo superior são prováveis. Os autores sustentam que o transporte deve ocorrer em velocidades menores que aquelas requeridas para iniciar saltação e ondulações, tendo com resultado camadas planas.

3.7 - Estratificação gradacional

A estratificação gradacional foi pouco reconhecida macroscopicamente nos depósitos de canais. Apesar de o material sedimentar ser representado principalmente por granulometria areia, grânulos e seixos, o arranjo dos fragmentos não se deu de forma gradacional. Somente na porção central do canal Colher três estratos apresentam essa forma de estrutura, duas normais e uma inversa. Os fragmentos constituintes das estruturas com gradação normal são de tamanho grânulo e seixo de até 1,2mm. Na gradação inversa os clastos são areia, grânulos e seixos de até 7mm, predominando areia grossa; organização

dos materiais é clasto-suportado. Nos canais efêmeros, a estratificação gradacional é, segundo PICARD e HIGH JR (1973) uma estrutura bem difundida. Em geral as maiores ocorrências são dentro de unidades de sedimentação onde os sedimentos da porção inferior da sedimentação é mais grosso que aqueles da porção superior, independente do tamanho dos clastos. O acamamento gradacional em depósitos de rios é resultado da redução da velocidade do fluxo que é acompanhada por mudanças na forma do leito que são indicativas de decréscimo progressivo na velocidade da corrente. Os primeiros depósitos são de correntes vigorosas e são relativamente grossos, com a redução da velocidade da corrente diminui o tamanho da carga de fundo (*bed load*) que se torna progressivamente menor, durante o último estágio ocorre à lama escoando em depressões (PICARD e HIGH JR, 1973).

Tabela 3 - Estruturas sedimentares de preenchimento de canal – Síntese.

Categoria de estruturas	Local de ocorrência	Espessura da seqüência	Espessura da lâmina ou estrato	Textura	Componentes grossos	Abundância	Características adicionais
Estratificação plano-paralela	Base do canal Colher	15 cm	2mm a 1,8 cm	Lâmina arenosa e argilosa	Até 2 mm	XX	Sedimentos mal selecionados
	Base do canal Formigueiro		3cm e 3 mm	Areia grossa e grânulos + arenosos	Até 2 mm	XX	Estratos arenosos constituídos por areia quartzo bem lavada
	Base do canal Formigueiro		8 mm a 3 cm	Areia grosa e seixos +arenosa	Seixos até 1 cm diâmetro	XX	
	Base do canal Formigueiro		1 a 4 cm	Grânulos e seixos + grânulos	Seixos de até 6 mm	XX	
Estratificação gradacional	Canal Colher		- 1 cm	Grânulos e seixos	Até 1,2 cm	X	3 estratos – 2 com gradação normal e 1 inversa
Micro-estratificação cruzada e festonada	Base do canal Colher	18 cm	2 a 4 mm	Areia fina e média + grânulos	Poucos seixos de até 7 mm	XXX	Segregação mineral
	Borda do canal Colher	Até 90 cm	1 a 2 mm	Areia e grânulos		XXXX	Constituintes menores que na seqüência da base
	Meio Canal Formigueiro	10 cm	2 a 4 mm	Areia media e grânulos	Poucos seixos até 6 mm	X	Estruturas bastante perturbada por crescimento de raiz
Estratificação de marca ondulada	Base do Canal Colher	5 a 8 cm	0,5 cm	Areia e grânulo	Poucos seixos de até 6 mm	X	
Estratificação cruzada planar	Meio e topo do canal Colher Seqüência 1	23 cm	1 a 4mm	Areia media e grossa + areia muito grossa	grânulos	XXXX	
	Seqüência 2	20 cm	2mm a 1,8 cm	Estratos mais delgados são de areia fina e media estratos com mais de 5 mm são de areia grossa e grânulo	Seixos de até 2 cm	XXXX	Idem anterior
	3ª seqüência	32 cm	4mm a 1,8 cm	Arenosos e granulosos	Seixos até 2 cm	XXXX	Ângulo de repouso de 27º
	4ª seqüência	60 cm	2 mm a 1,5 cm	Areia fina e média + granulo e seixo	Seixos até 6 mm	XXXX	Com camadas de 6 cm de grânulos e seixos
	5ª	23 cm	3 a 7 mm	Areia muito	1 cm	XXX	

	seqüência			grossa + grânulos e seixos			
Estratificação cruzada planar	Topo do canal maior da Seção Colher	30 cm	4 mm a 1 cm	Areia muito grossa a seixos	Seixos até 7 mm	XXXX	
Estratificação cruzada acanalada	Topo do canal Colher	50 cm	3 a 4 cm	Seixos	4 mm a 4 cm	XX	
Estratificação cruzada acanalada	Topo do canal Formigueiro	30 cm	1 – 2 cm	Seixos na base e areia grossa, grânulos e seixos no topo	4 mm a1,5 cm	XX	Arenito, quartzo, folhelho e siltito
Estrutura de corte e preenchimento	Incisão menor da seção Formigueiro	30 cm	1 a 3 mm	De areia grossa a seixos	Até 1 cm	X	

3.8 - Micro-estratificação cruzada e estratificação cruzada festonada

No Canal Colher a estratificação cruzada festonada apresenta sedimentos envolvidos no tamanho areia fina, média e grossa, grânulos e poucos seixos. É marcante nessa seqüência a segregação de minerais e rochas que formam as lâminas das seqüências, principalmente da base. No topo, os estratos constituídos por clastos grossos (grânulos e seixos) predominam fragmentos de folhelho e siltito. Em cada lâmina essencialmente arenosa predomina quartzo; as areias são bem lavadas e muito bem selecionadas. Na micro-estratificação cruzada as seqüências de estratos ocorrem de forma côncava. Em seção transversal o estrato dentro da seqüência é côncavo para cima e ajustados à superfície erosiva abaixo. Longitudinalmente as seqüências ocorrem em forma tabular ou em cunha, sendo que os estratos são ligeiramente côncavos para cima e inclinados para jusante. Quando os estratos e seqüências ocorrem em escala maior tem-se estratificação cruzada festonada (PICARD e HIGH JR, 1973).

PICARD e HIGH JR (1973) registraram grande ocorrência dessas estruturas em depósitos de canais e barra. Segundo os autores o acamamento geral se desenvolve a partir de marcas de ondas cuspidadas e de marcas onduladas longitudinais e reconheceram também que quando os dois tipos de estratificação ocorrem associados em uma mesma unidade de sedimentação, a estratificação cruzada festonada é sempre encontrada abaixo de micro-estratificação cruzada. A formação dessas estruturas está relacionada à correntes de velocidade moderada em regime de fluxo inferior (Harmsand e Fahnestock, 1965) apud (PICARD e HIGH JR, 1973). Dos dois tipos de acamamento, a estratificação festonada provavelmente registra velocidades de corrente mais altas, suficientes para produzir dunas, em oposição a aquelas de marcas onduladas cuspidada que são associadas com micro-estratificação cruzada (PICARD e HIGH JR, 1973).

A primeira seqüência de estratos que apresenta estratificação cruzada festonada ocorre na base do canal Colher com constituintes granulométricos no tamanho areia fina e média formando principalmente lâminas, grânulos formando estratos de até 2 cm de espessura, seixos formam estratos de 2 cm. Uma segunda seqüência de estratificação cruzada festonada ocorre nas bordas do mesmo canal. Nela os estratos são comparativamente menores que os da primeira seqüência na base. Os sedimentos envolvidos são areia e grânulos, acomodados em laminas de 1 a 2 mm de espessura. São mantidos nesta seqüência os mesmos tipos de minerais e rochas e a segregação deles nas lâminas. No Canal Formigueiro, a espessura e características granulométricas das lâminas são bastante semelhantes àquelas do Canal Colher.

3.9 Estratificação de marca ondulada

No canal da seção Colher essa forma de estratificação assenta-se acima da estratificação festonada. Os constituintes granulométricos variam desde argila a seixo. As lâminas são definidas macroscopicamente somente em amostra indeformada. Os teores de argila e silte deram grande coesão à estrutura, como pode ser observado em campo.

Estratificação de marca ondulada *(ripple-drift stratification, climbing ripples, pseudo cross-stratification)*, segundo Picard e High Jr (1973) é um tipo de estratificação cruzada em que a forma ondulada inteira é preservada. Enquanto na maioria das estratificações cruzadas somente a porção frontal de ondulações ou dunas são preservados, na estratificação de marca ondulada a crista e a margem sotavento também são conservadas. Os autores reconheceram em rios efêmeros que a estratificação de marca ondulada é constituída por unidades de acamamento delgadas, em que as lâminas são dominantes. As marcas de ondulação formam-se quando a velocidade de fluxo excede o valor da velocidade limiar de movimentação dos grãos. Elas originam-se de condições de instabilidade bidimensional, nas quais o fluxo é perturbado para jusante da crista. Reconhece-se que instabilidade tridimensional pode predominar modificando a forma da crista oriunda de instabilidade bidimensional (SUGUIO e BIGARELLA, 1979).

3.10. Estrutura de corte e preenchimento

A estratificação de corte e preenchimento (*parallel inclined stratification, scour-and-fill, washout)* consiste de uma única seqüência de estrato que cobre uma superfície erosiva irregular em forma de bacia. Os estratos preenchem as depressões e mergulham na cavidade apresentando perfil côncavo para cima. A espessura é definida pelo tamanho da incisão, variando desde 5 cm a até um metro. A estratificação dentro de cada seqüência é em geral delgada e descontinua. Trata-se de um dos principais tipos de acamamento em depósitos de canais temporários (PICARD e HIGH JR, 1973, p 165). Este tipo de estrutura está presente na incisão menor da Seção Formigueiro. A inclinação é visível em seção transversal. A seqüência exibe estratos descontínuos, com espessura de 30 cm na profundidade máxima. Os estratos dentro da seqüência inclinada apresentam espessuras entre 1 e 3 mm. Os constituintes granulométricos dos estratos variam de areia média e grossa a seixos de até 1 cm de diâmetro.

3.11. Estratificação cruzada planar

No canal da seção Colher é registrada cinco seqüências de estratos cruzados planares. A primeira seqüência com estratificação cruzada acanalada está depositada sobre as lâminas de estratificação cruzada festonada em ângulo de repouso de 16º. Os constituintes granulométricos são representados predominantemente por areia média e grossa, excepcionalmente formam-se estratos com areia grossa. Observa-se alternância de estratos constituídos essencialmente por areia bem lavada ou por fragmentos de rocha (predominantemente folhelho e siltito). A segunda seqüência com este tipo de estratificação repousa sob a primeira em contato erosivo em ângulos de 23°. As lâminas são constituídas essencialmente por areia fina e media de quartzo; os estratos mais espessos constituídos por sedimentos de granulação areia grossa e grânulos principalmente, excepcionalmente ocorrem seixos de até 2cm de diâmetro. Esses estratos são formados por fragmentos de quartzo, quartzito, folhelho e siltito. Na terceira seqüência com este tipo de estrutura houve significativo aumento na dimensão granulométrica dos clastos. Nela ocorrem lâminas e estratos formados por clastos de argilito, siltito, folhelho e arenito. O ângulo de repouso é de 27º nesta seqüência. A quarta seqüência apresenta estratos com espessura de 2mm a 1cm e eventualmente 5 a 6cm. As lâminas são formadas por areia fina e média. Os estratos mais espessos são formados por clastos de rocha de tamanho grânulo e seixos arredondados e bem selecionados. A base da seqüência é formada por estratos mais espessos. Nesta seqüência o ângulo de repouso é de 23º. A última seqüência de estratos cruzados planares é constituída por clastos de rocha de tamanho grânulo e seixos de até 1cm, os estratos tem espessura de 3mm. O topo encontra-se perturbado por processos pedogenéticos que destruíram em partes as estruturas. Constatou-se nesse conjunto de seqüências que houve

aumento de tamanho dos grãos em direção ao topo do canal. As seqüências 6,7 e 8 foram truncadas por erosão e posterior sedimentação que formou os estratos cruzados acanalados.

3.12 - Estratificação cruzada acanalada

No canal da Seção Colher seqüências de estratos acanalados formam as últimas estruturas sedimentares que preenchem o canal. Os estratos são formados predominantemente por material grosso de dimensão seixo e grânulos. No canal da seção Formigueiro nessa categoria de estrutura os sedimentos envolvidos são grossos, representados principalmente por seixos de rocha. A seqüência é granodecrescente. No topo os fragmentos de rocha que compõem a unidade são de dimensão areia grossa, grânulo e seixos, distribuídos de forma aproximadamente eqüitativa. Os constituintes na base são fragmentos de siltito, argilito, arenito, quartzo e quartzito. No topo predominam siltito, argilito e folhelho e muito pouco quartzo.

Em canais efêmeros Picard e High Jr (1973) reconheceram estratos cruzados planares formados por areia grossa e cascalho em ângulos de repouso entre 30 e 40º. Nessas seqüências os grãos grosseiros tendem a se concentrar próximo a base. Os estratos geralmente são retos, podendo às vezes tornar-se curvados próximo a base, mas estão sempre em ângulo de repouso (ALLEN, 1984). O ângulo de repouso corresponde ao valor limite de inclinação no qual um material inconsolidado e não coeso ainda se mantêm em equilíbrio (SUGUIO, 1998). A estratificação cruzada planar resulta do deslizamento de sedimentos através do topo para a face sotavento de uma barra. Neste setor há redução de velocidade de corrente resultando em deposição por carga de fundo na ruptura de declive. Esta deposição aumenta à medida que o sedimento escorrega para frente da barra sobre seu próprio peso. Assim, cada estrato está em seu ângulo de repouso. Onde não há atividade de corrente na face sotavento os ângulos são ligeiramente menores e os estratos são ligeiramente côncavos para cima. Os sedimentos grossos requerem correntes vigorosas para transporte, ao passo que correntes moderadas são capazes de transportar fragmentos menores (PICARD e HIGH JR, 1973).

3.13 - Estratificação cruzada acanalada

No canal da Seção Colher seqüências de estratos acanalados formam as últimas estruturas sedimentares que preenchem o canal. Os estratos são formados predominantemente por material grosso de dimensão seixo e grânulos. No canal da seção Formigueiro nessa categoria de estrutura os sedimentos envolvidos são grossos, representados principalmente por seixos de rocha. A seqüência é granodecrescente. No topo os fragmentos de rocha que compõem a unidade são de dimensão areia grossa, grânulo e seixos, distribuídos de forma aproximadamente eqüitativa. Os constituintes na base são fragmentos de siltito, argilito, arenito, quartzo e quartzito. No topo predominam siltito, argilito e folhelho e muito pouco quartzo.

Na estratificação cruzada acanalada, segundo SUGUIO e BIGARELLA (1979) e SELLEY (1988), cada seqüência de estratos em forma de canal representa estrutura de escavação por erosão preenchida por sedimentos com lâminas recurvadas, que mergulham das bordas para o centro do canal e de montante para jusante da paleocorrente. Neste caso as ondulações sinuosas ou linguóides tem superfícies de sotavento curvadas, gerando laminações cruzadas que são formadas principalmente nas partes baixas acanaladas em forma onduladas adjacentes resultando assim no padrão de laminação cruzada acanalada (NICHOLS, 1999).

Conclusão

A geometria dos depósitos presentes na seção Colher e na seção Formigueiro colocaram em evidência que este setor constituía as bordas de antiga depressão inundada de base de encosta, semelhante àquelas ocorrentes no presente em cabeceiras de vales não

canalizados. As mesmas unidades sedimentares, paleopedológicas e pedológicas verificadas na média encosta apareceram na seção Colher. Os sedimentos que recobrem esse setor da encosta revelam alternância de processos relacionados às condições hidráulicas distintas – uma relacionada com deposição em condições de estabilidade, com fluxo carreando sedimentos finos, predominantemente arenosos ou siltosos, e outra relacionada com condições de fluxos mais vigorosos que carrearam sedimentos grossos de tamanho principalmente grânulos e seixo. Estes últimos se depositaram na forma de lentes, ora mais espessas ora mais delgadas e extensas. O arranjo interno dos constituintes granulométricos nas lentes constituídas por material grosso revela que no caso de fábrica clasto-suportado dá indícios de deposição em ambiente onde a corrente é suficientemente forte para carrear areia. São encontrados em ambiente fluvial, mas não são particularmente comuns (CONYBEARE E CROOK, 1982). Eles indicam ambiente de alta energia. No caso de fábrica matriz-suportado, que em geral são mal selecionados, é encontrada em uma série de ambientes com alta energia (CONYBEARE E CROOK, 1982) ou fluxo de alta viscosidade (SELBY, 1994).

O tamanho das partículas, incluindo seixo e areia, depende da natureza da área fonte, da distância de transporte e da competência da corrente. No presente caso as curtas distancias que os sedimentos percorrem favorece esse arranjo de constituintes granulométricos.

Com relação às estratificações, gradações são observadas em sedimentos de água pouco profundas. Em geral são isolados e esporádicos. Gradação pode ser produzida por sedimentação de nuvens em suspensão, por deposição nas últimas fases de fortes enxurradas. Os estratos maciços por sua vez são presumivelmente gerados pela ausência de transporte por tração, ou por algum tipo de fluxo de gravidade de sedimento ou deposição rápida de material de suspensão (BOGGS JR, 1992). Reineck e Singh (1990) sugerem que outros acamamento maciços possam ter origem secundária, como bioturbação ou liquefação pós-deposicional. A estratificação plano-paralela está relacionada com correntes de baixa velocidade.

Na seção Colher, as fendas de dessecação nos paleossolos e posterior preenchimento e capeamento destas por areia dão indícios de mudança ambiental brusca para o árido. As deformações em grande escala ocorreram na fase final de deposição das camadas do Colúvio-alúvio 3, após a deposição das lentes menores da fase intermediária e antes da deposição das lentes maiores e contínuas da fase final. A deformação por sobrecarga pode estar relacionada com nova fase de redução de água acumulada nos sedimentos da encosta, que estaria associada sobrecarga do peso dos sedimentos no canal ou a pronunciado período de aridez.

Para a maior parte dos depósitos de areias e siltes a configuração horizontalmente estratificada, sugere velocidades de fluxo maiores do que a das marcas onduladas e menores do que a das antiduna, bem como profundidades de correntes suficientemente grandes impedindo o desenvolvimento de ondas em fase. Entretanto, mesmo em depósitos de areia de diâmetro superior a 6 mm podem ser desenvolvidas estratificações horizontais em regime de fluxo inferior. Neste caso, como a taxa de transporte é muito baixa, as dimensões vertical e horizontal desses depósitos devem ser muito limitadas (SUGUIO e BIGARELLA, 1979).

As estruturas de corte e preenchimento nas seções Colher e Formigueiro indicam canal antigo situado no sentido N15-20E. Esse paleocanal cortou diagonalmente a encosta e em sentido oposto ao rio Arroio da Colher. Suas características morfológicas e deposicionais indicam tratar-se de antiga voçoroca que permaneceu ativa por boa parte da evolução da encosta.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETO, A.; COLANERI, S.; BATOLLA JÚNIOR, F. **Projeto Leste do Paraná**. Relatório Geológico Final. Folha Ponta Grossa - SG. 22-X-C-II-2. São Paulo: DNPM/CPRM, 1977.

ALLEN, J. R. L. **Developments in sedimentology. Sedimentary Structures: their character and physical basis.** Elsevier, v.1 e 2, 1984, 592p.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a respeito da evolução de vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16/17, jul. 1965, p. 85-116.

BOGGS JR., San. **Petrology of sedimentary rocks**. New York. Macmillan Publishing Company, 1992. 707p.

CLEMENTE, P.; PÉREZ-ARLUCEA, M. Depositional architecture of the Cuerda del Pozo Formation, Lower Cretaceos of the extensional Cameros Basin, North-Central Spain. **Journal Sedim. Petrology,** Cambridge**,** v. 63, n.3, may 1993, p. 437-452.

COLANERI, S; CARVALHO, M. A. da S.; BATOLLA JÚNIOR, F. **Projeto Leste do Paraná**. Relatório Geológico Final. Folha Palmeira - SC.22-X-C-II-4. São Paulo: DNPM/CPRM, 1977.

COLLINSON, J. D.; THOMPSPN D.B.**Sedimentary Structures**. London: George Allen &Unwin Ltd., 1984, 193p;

CONYBEARE, C. E .B.;CROOK, K. A. W. **Manual of Sedimentary Strututures** 2a. Ed. Bureau of Mineral Resources Geology and Geophysics. Bulletin 102. Camberra Watson Ferguson and Co., 1982, 327p.

DIETRICHT, W. E.; DUNNE, T. The channel head. In: BEVEN, K.; KIRKBY, M. J. (Ed): **Channel Network Hydrology**. John Willey & Sons Ltd, 1993, p.175-219.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e conservação de Solo. **Manual de Métodos de análise de Solos**. 1979.

FUCK, R. A. Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**. Curitiba, n. 19, 21p., 1966.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro: José Olympio, 1981, 450p.

NOWATZK, C.H.; SANTOS, M.A.A. dos; LEÃO, H.Z.; SCHUSTER, V.L.L.; WACKER, M.L. **Glossário de estruturas sedimentares**. Acta Geológica Leopoldensia, n. 18 e 19, ano VIII, 1984, p. 7-432.

PALKA, J. Nota explicativa da Folha Geológica de Porto Amazonas. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**. Curitiba, 22, 1965, p. 21p.

PETRI, S. e FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1983.

PETTIJOHN, F. J. **Rocas Sedimentaria**. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires. Trad. 2ª ed 1957 por Juan Turner, 1963.

PICARD, M Dane; HIGH JR, Lee. R. Sedimentary structures of ephemeral streams. Developments in sedimentology, no 17. Elsevier, Amsterdam, Londres e Nova Iorque , 1973, 223p.

REINECK, H. E.; SINGH, I. B. **Depositional Sedimentary Environments**. Berlim:Springer-Verlag, 1980, 543p.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA (28: Porto Alegre). **Anais** ... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, p. 41-65.

SELBY, M. J. **Hillslope sediment transport and deposition.** In: PYE, K. (Ed.) **Sediment transport and depositional processes**. London: Blackwell Scientific Publications, 1994, 397p.

SELLEY, R. C. **Applied sedimentology.** Academic Press Limited, 1988.

SELLEY, Richard C. **Ancient sedimentay environments and their sub-surface diagnosis**. 2a ed. Londres: Chapman and Hall, 1980, 287p.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, 1.222p.

SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares.** São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 500p.

SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Ed. Da UFPR-ADEA, 1979, 183p.